



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑧⑦ **EP 0 307 930 B1**

⑩ **DE 38 87 415 T 2**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 F 23/28**  
G 01 F 23/22

②①	Deutsches Aktenzeichen:	38 87 415.6
⑧⑧	Europäisches Aktenzeichen:	88 115 190.6
⑧⑥	Europäischer Anmeldetag:	16. 9. 88
⑧⑦	Erstveröffentlichung durch das EPA:	22. 3. 89
⑧⑦	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	26. 1. 94
④⑦	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	21. 7. 94

**DE 38 87 415 T 2**

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
16.09.87 US 97057

⑦③ Patentinhaber:  
Cournane, Thomas C., Westmount, Quebec, CA;  
McSweeney, Cyril F., Westmount, Quebec, CA

⑦④ Vertreter:  
derzeit kein Vertreter bestellt

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
DE, ES, FR, GB, IT, SE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

⑥④ Pegelmessung für Speichersilos.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

**DE 38 87 415 T 2**

EP 88 115 190.6

Thomas C. Cournane und Cyril F. McSweeney

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

### Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung des Pegels eines Materials in einem Speichersilo. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine derartige Vorrichtung, die einen Wechselstromsignalgenerator enthält, dessen Ausgangsfrequenz automatisch und fortlaufend durch einen vorbestimmten Frequenzbereich gewobbelt wird.

### Beschreibung des Standes der Technik

Vorhandene Einrichtungen zur automatischen Messung des Pegels von Material, beispielsweise pulverisiertem Schüttgut oder körnigen Materialien in Vorratssilos enthalten Kapazitätssonden, Ultraschallechodetektoren, Druckaufnehmer und mechanische Bereichsentfernungsmesser. Ein Beispiel einer solchen Einrichtung ist im US-Patent Nr. 4 043 199, Greer, ausgegeben am 23. August 1977, veranschaulicht, die eine mechanische Einrichtung ist und die Druck auf einer zusammenlegbaren Hülse (14) erfaßt, die in einem körniges Material speichernden Speichersilo angeordnet ist, wenn das körnige Material Abschnitte der zusammenlegbaren Hülse umgibt. Das US-Patent Nr. 4 495 807, Field et al, ausgegeben am 29. Januar 1985, lehrt eine elektronische Einrichtung zur Abtastung von Flüssigkeitspegeln. Speziell verwendet es eine teilweise in die Flüssigkeit eingetauchte dielektrische Luftleitung, wobei die Leitung in einer Ausgleichshochfrequenzbrückenschaltung ist.

Kapazitätssonden machen von einem leitenden Stab oder Kabel

Gebrauch, der vertikal innerhalb des Silos aufgehängt ist und in das gespeicherte Material eingetaucht ist. Die elektrische Kapazität der Sonde ändert sich abhängig vom Pegel und den dielektrischen Eigenschaften des gespeicherten Materials. Diese Änderung ändert die Wechselstrom- oder Gleichstromeigenschaften einer mit der Sonde verbundenen elektrischen Schaltung. Da die dielektrischen Eigenschaften des gespeicherten Materials von Faktoren außer dem Pegel, einschließlich Feuchtigkeitsgehalt und Dichte, abhängen, liefert diese Art der Einrichtung keine absolute Pegelmessung und macht eine Neukalibrierung erforderlich, wenn sie für Material mit nicht konstanten dielektrischen Eigenschaften verwendet wird.

Ultraschallechodetektoren machen von der Impulseechotechnik Gebrauch, um den Abstand vom Ultraschallwandler zur Oberfläche des Materials zu bestimmen, dessen Pegel gemessen werden soll. Wenn sie bei körnigen Materialien in einer staubigen Umgebung verwendet wird, leidet diese Einrichtung aufgrund eines hohen Streuverlustes an der Oberfläche des Materials und hoher Dämpfung des Ultraschallmaterials durch staubhaltige Luft unter ernststen Einschränkungen.

Am Boden des Speichersilos angeordnete Druckaufnehmer erzeugen ein zu dem Druck im Material an dieser Stelle proportionales elektrisches Signal. Für die meisten körnigen und pulverisierten Materialien kann der Pegel des Materials aus diesem Druck nicht abgeleitet werden, da Druck aufgrund von Reibung im Material eine nichtlineare Funktion der Tiefe ist.

Mechanische Entfernungsmeßeinrichtungen bestehen aus vielen Änderungen eines Gewichtes, das an einem Kabel aufgehängt ist, das abgesenkt wird, bis durch Spannungsverlust im Kabel oder ein anderes Mittel Kontakt mit dem Material festgestellt wird. Diese Einrichtung kann aufgrund ihrer niedrigen

Probennahmerate keine fortlaufende Messung liefern und ist aufgrund ihrer Anfälligkeit für mechanisches Versagen für den Gebrauch in Umgebungen ungeeignet, die abschleifenden Staub enthalten.

Ein weiterer Schritt zur Messung des Pegels von Material in einem Speichersilo oder Behälter ist im US-Patent Nr. 3 695 107, Hertz et al, ausgegeben am 3. Oktober 1972, veranschaulicht. In diesem Patent ist eine aus einem äußeren röhrenförmigen Leiter 2 und einem zentralen inneren Leiter 3 bestehende Verzögerungsleitung im Speichersilo entlang dessen gesamter Länge angeordnet. Von dessen oberem Ende aus wird ein Impuls in die Verzögerungsleitung übertragen, und der Impuls wird von der Luft-Materialgrenze im Silo reflektiert. Die von dem Impuls benötigte Zeit für die Wegstrecke zur Luft/Materialgrenze und zurück wird gemessen, um hierdurch den Abstand vom oberen Ende des Speichersilos zur Oberseite des Materials zu bestimmen.

Im unteren Ende der Verzögerungsleitung ist eine Impedanz 11 enthalten, um Reflexionen vom unteren Ende der Verzögerungsleitung zu verhindern.

Das US-Patent Nr. 4 135 397, Krake, ausgegeben am 23. Januar 1979, lehrt eine Verbesserung des im '107-Patent gelehrt Systems und enthält auch eine zusätzliche Übertragungsleitung 34, die zur Kalibrierung des Meßsystems verwendet wird.

Obwohl das '107-Patent von Abschlußimpedanzen Gebrauch macht, sind die Impedanzen an die charakteristische Impedanz ihrer entsprechenden Leitungen in einem Versuch angepaßt, Reflexionen von den unteren Enden ihrer entsprechenden Leitungen auszuschalten. Im '397-Patent werden Störimpulse im Abschluß  $Z_L$  freigesetzt.

Die oben beschriebenen Zeitbereichseinrichtungen sind auf-

grund des Erfordernisses schwierig zu bauen, die Subnanosekundensignale für eine brauchbare Pegelauflösung aufzulösen.

Die US-A-4 359 902 offenbart die Verwendung eines Wobbelfrequenzgenerators zur Erzeugung eines in der Frequenz gewobbelten Signals entlang einer in einem Silo angeordneten Übertragungsleitung und offenbart die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Materialpegelabtasteinrichtung zu schaffen, basierend auf der Technik, ein Wobbelfrequenzsignal einen Wellenleiter abwärts auszugeben, der teilweise in das Material eingetaucht ist.

Diese Aufgabe ist durch die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Die Kabeleinrichtung kann Abschlußimpedanzen, die in der Größe veränderlich sind, und eine Einrichtung zur Änderung der Größe der Abschlußimpedanzen während des Betriebs der Vorrichtung enthalten, um hierdurch Reflexionen vom unteren Ende der Kabeleinrichtung zu vermeiden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird mittels einer Prüfung der folgenden Beschreibung zusammen mit den begleitenden Zeichnungen besser verstanden, in denen:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht, bei dem die Kabeleinrichtung ein einziges Paar paralleler gleicher Leiter umfaßt;
- Figur 2 ein Schnitt durch II-II von Fig. 1 ist;
- Figur 3 ein ersatzweises Ausführungsbeispiel der Erfindung

veranschaulicht, das zwei Paare gleicher paralleler Leiter enthält; und

Figur 4 eine andere Anordnung des in Figur 3 veranschaulichten Ausführungsbeispiels ist.

#### BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Bezugnehmend auf Figur 1, ein Vorratsbunker oder -silo 1, aufweisend eine Höhe H, speichert ein Material 3, dessen Oberfläche sich auf einem Pegel  $\ell$  oberhalb des Bodens des Silos 1 und in einem Abstand D unterhalb des oberen Endes des Silos befindet. Das Material 3 kann eine Flüssigkeit oder körniges oder Partikelmaterial umfassen.

Eine Kabeleinrichtung, allgemein bei 5 veranschaulicht und aufweisend eine Länge gleich der Höhe H des Silos, erstreckt sich vom Deckel 7 bis zum Boden 8 des Silos.

Am oberen Ende des Silos ist eine elektronische Schaltungseinrichtung angeordnet, die allgemein bei 9 veranschaulicht ist. Die elektronische Schaltungseinrichtung enthält einen Frequenzwobbelgenerator G, einen Frequenzintervalldetektor Dt, einen Mikroprozessor Mp und einen veränderlichen Gleichstrom-Generator D.C.

Die Kabeleinrichtung 5 enthält ein Paar paralleler gleicher Leiter 11 und 13, die in der selben Ebene durch eine dielektrische Umhüllung 15 gehalten sind, die beide Leiter überdeckt und einen steifen Mittenteil zwischen den Leitern bildet. Die Leiter sind durch eine veränderliche Impedanzeinrichtung 17, beispielsweise eine PIN-Diode, abgeschlossen. Die Leiter 11 und 13 bilden eine elektrische Übertragungsleitung, die die theoretische "verzerrungsfreie" Übertragungsleitung eng annähert. Die charakteristische Impedanz einer derartigen Leitung ist durch den Innenwiderstand des die Leiter umgebenden Mediums und durch die geometrische

Form des Kabelquerschnitts bestimmt. Wenn das Kabel in der Luft aufgehängt ist, ist seine charakteristische Impedanz über einen großen Bereich von Umgebungsbedingungen relativ konstant und kann als ohmsch angesehen werden, da die Übertragungsleitung "verzerrungsfrei" ist.

Wenn die Übertragungsleitung in ein Medium eingetaucht ist, dessen Innenwiderstand von demjenigen von Luft verschieden ist, ist dementsprechend die charakteristische Impedanz der Übertragungsleitung von der charakteristischen Impedanz der Übertragungsleitung in Luft verschieden. Wenn das Medium einen relativ niedrigen dielektrischen Verlustwinkel aufweist, ist die Impedanz der Übertragungsleitung im wesentlichen ohmsch und die Übertragungsleitung nähert sich dem "verzerrungsfreien" Zustand. Unter dieser Bedingung kann die Leitung wirksam mittels eines ohmschen Abschlußwiderstandes angepaßt werden.

Bei Betrieb wird die Frequenz des Generators G automatisch und fortlaufend durch einen vorbestimmten Frequenzbereich gewobbelt. Der Generator prägt ein elektrisches Wechselstromsignal, vorzugsweise ein elektrisches Sinussignal, auf die Übertragungsleitung auf. Dieses Signal wird entlang des Abschnittes der aufgehängten Übertragungsleitung in Luft oberhalb des im Silo 1 bevorrateten Materials 3 übertragen. An der Luft-Materialgrenze 4 ändert sich die Impedanz der Leitung schlagartig, was dazu führt, daß das elektrische Signal an die Impedanz der Übertragungsleitung im Inneren des Materials fehlangepaßt ist. Dies führt dazu, daß ein Teil des Signals zu dem sendenden Ende der Übertragungsleitung von der Oberfläche des Materials zurückreflektiert wird und der Rest des Signals in den in das Material eingetauchten Abschnitt der Übertragungsleitung übertragen wird. Das übertragene Signal wird mit vernachlässigbarer Verzerrung in Materialien fortgepflanzt, die einen niedrigen dielektrischen Verlustwinkel aufweisen.

Das von der Oberfläche des Materials zurückreflektierte Signal kombiniert sich mit der vorlaufenden Welle zur Bildung eines Stehwellenmusters entlang des in Luft aufgehängten Abschnittes der Übertragungsleitung. Dieses Signal wird durch die angepaßte Impedanz der elektronischen Schaltung, beispielsweise eine angepaßte Impedanz im Generator G, absorbiert und es tritt keine weitere Reflexion auf.

Wenn die veränderliche Impedanzeinrichtung 17 nicht eingestellt ist, so daß sie ein Gegenstück zu dem eingetauchten Teil der Übertragungsleitung ist, wird ein Teil des entlang des eingetauchten Teils der Übertragungsleitung fortgepflanzten Signals zum Sendeende aufgrund der Fehlanpassung zurückreflektiert, die an der Verbindungsstelle der Übertragungsleitung und der unangepaßten Impedanz der veränderlichen Impedanzanpaßeinrichtung 17 auftritt. Der Rest des Signals wird durch die Einrichtung absorbiert. Ein Teil des reflektierten Signals wird durch die Material-Luftgrenze übertragen und ein Teil wird von der Material-Luftgrenze zu der veränderlichen Impedanzeinrichtung zurückreflektiert. Der übertragene Teil ändert das Stehwellenmuster entlang des Abschnittes der Übertragungsleitung in Luft und wird durch die angepaßte Impedanz der elektronischen Schaltung absorbiert. Der zurückreflektierte Abschnitt stellt ein Mehrfachecho her, das das Stehwellenmuster bei dem Abschnitt der Leitung in Luft weiter abändert. Dieses Mehrfachecho wird schließlich völlig absorbiert und gedämpft und es herrscht ein stationärer Zustand.

Auf dem in Luft aufgehängten Abschnitt der Übertragungsleitung hat das Stehwellenmuster, das lediglich aus dem durch den Generator G auf die Übertragungsleitung aufgeprägten Signal und dem ersten Echo von der Luft-Materialgrenze besteht, eine Spannungsverteilung V entlang der Übertragungsleitung, die durch den folgenden mathematischen Ausdruck be-



schrieben wird:

$$V = Ae^{x\alpha} \cos(\omega t + \beta x) + \rho Ae^{x\alpha} \cos(\omega t - \beta x)$$

Für einen den "verzerrungsfreien" Zustand,  $\alpha$ , annähernde Leitung kann der Dämpfungsfaktor als Null angesehen werden. Der Ausdruck wird nun:

$$V = A \cos(\omega t + \beta x) + \rho A \cos(\omega t - \beta x),$$

wobei bei  $A \cos \omega t$  der Spannungsausdruck für das auf die Übertragungsleitung durch die elektronische Schaltung aufgeprägte Signal ist:

$x$  der positive Abstand entlang des Teils der Übertragungsleitung in Luft ist, mit  $x = 0$  an der Luft-Materialgrenze:  $\beta = \omega/v$  ( $v$  = Ausbreitungsgeschwindigkeit für die Übertragungsleitung in Luft),  $\omega$  und  $t$  die Winkelfrequenz bzw. Zeit bezeichnen:

$\rho$  = der Spannungsreflexionskoeffizient in der Übertragungsleitung bei der Luft-Materialgrenze. Wenn der dielektrische Verlustwinkel für das Material klein ist, ist  $\rho$  im wesentlichen eine reelle Zahl unabhängig von der Frequenz.

Aus dem Obigen ist es ersichtlich, daß sich für das aus dem auf die Übertragungsleitung durch einen Festfrequenzgenerator aufgeprägten Signal und dem ersten Echo von der Luft-Materialgrenze bestehende Stehwellenmuster die Spannung entlang des in Luft aufgehängten Abschnittes der Übertragungsleitung ändert, wobei sich aufeinanderfolgende Maxima (oder Minima) in einem Abstand gleich der halben Wellenlänge des aufgeprägten Signals voneinander beabstandet befinden. Diese Wellenlänge hängt lediglich von der Ausbreitungsgeschwindigkeit in der in Luft aufgehängten Übertragungsleitung ab und ist für eine gegebene Frequenz über einen großen Bereich von Umgebungsbedingungen im wesentlichen konstant.

Gemäß der Erfindung wird die Frequenz des auf die Übertragungsleitung durch den Generator G aufgeprägten Sinussignals automatisch und fortlaufend über einen vorbestimmten Bereich von Werten gewobbelt. Dies führt dazu, daß sich die Spannung an einem beliebigen festen Punkt auf der Übertragungsleitung ändert. Bei Betrachtung lediglich des aus dem auf die Leitung aufgeprägten Signal und dem ersten Echo von der Luft-Materialgrenze bestehenden Stehwellenmusters ist diese Änderung von solcher Art, daß aufeinanderfolgende Spannungsspitzen- oder -Nullwerte bei Frequenzen auftreten, die um ein Frequenzintervall  $\Delta f = v/2x$  getrennt sind, wobei  $v$  und  $x$  wie zuvor definiert sind. Wenn die feste Stelle, bei der die Spannung überwacht ist, die Stelle ist, bei der die elektronische Schaltung mit der Übertragungsleitung verbunden ist (das obere Ende der Übertragungsleitung), ist die Größe  $\Delta f$  gleich  $v/2D$ , wobei  $D$  der Abstand entlang der Übertragungsleitung von der Stelle der Verbindung der elektronischen Schaltung mit der Luft-Materialgrenze, wie in Fig. 1 gezeigt ist. Der Detektor Dt bestimmt automatisch mehrere aufeinanderfolgende Werte für die veränderliche Größe  $\Delta f$ , wenn die Frequenz über den gesamten Meßbereich gewobbelt wird.

Das Spannungsschwellenmuster auf dem in Luft aufgehängten Abschnitt des Kabels oberhalb des gespeicherten Materials wird durch die mehrfachen Signalechos abgeändert, die durch die Impedanzfehlanspassung an der Verbindung der Übertragungsleitung und der variablen Impedanzeinrichtung 17 hervorgerufen werden. Diese Änderung führt zu einer Modulation aufeinanderfolgender Werte der Größe  $\Delta f$ , wenn die Frequenz über den gesamten Meßbereich gewobbelt wird. Der Mikroprozessor MP erfaßt automatisch diese Modulation und quantisiert diese. Der Mikroprozessor steuert dann den Gleichstromgenerator DC, um einen Vorspannungsstrom für die veränderliche Impedanzeinrichtung 17 vorzusehen, was bewirkt, daß sich der Widerstand der PIN-Diode ändert. Der Wechselstrom-

widerstand der PIN ist umgekehrt proportional zu dem durch diese fließenden Gleichstrom. Der Wert des Gleichstroms wird durch sukzessive Näherungen derart gesteuert, daß der Widerstand der PIN-Diode gleich der Impedanz der Übertragungsleitung gemacht wird, die in das gespeicherte Material eingetaucht ist.

Dies führt dazu, daß die in den eingetauchten Abschnitt der Übertragungsleitung übertragene Wechselstromsignalenergie wirksam vollständig durch die PIN-Diode absorbiert wird. Dies schaltet die mehrfache Echowechselwirkung auf dem Stehwellenmuster auf dem in Luft aufgehängten Abschnitt des Kabels aus und die Modulation aufeinanderfolgender Werte der Größe  $\Delta f$  ist entfernt.

Der Mikroprozessor MP erfaßt automatisch das Fehlen einer Modulation der Größe  $f$ . Die Schaltung mißt und speichert diese Größe und aus der Beziehung  $D = v/2 \Delta f$  wird die veränderliche Größe  $D$ , der Abstand vom Schnittpunkt des oberen Endes des Kabels oder Silos mit der Oberfläche des gespeicherten Materials, automatisch im Mikroprozessor berechnet, der die Größe  $\Delta f$  vom Detektor Dt empfängt.

Für jedes gegebene Silo ist die Höhe  $H$  konstant. Dieser Wert wird elektrisch kodiert und im Mikroprozessor permanent gespeichert. Wenn eine Berechnung der Größe  $D$  abgeschlossen worden ist, wird der Wert  $D$  automatisch von  $H$  subtrahiert und das Ergebnis wird in ein elektrisches Signal kodiert, das an den Ausgangsanschlüssen des Mikroprozessors verfügbar ist. Das Signal ist direkt analog zum Pegel  $\mathcal{L}$  des gespeicherten Materials im Silo und kann lokal verwendet oder elektrisch zu einer entfernt liegenden Stelle übertragen werden, um eine automatische Sichtanzeige oder Aufzeichnungseinrichtung (nicht gezeigt) zu aktivieren oder eine Datenverarbeitungsmaschine zu speisen.

Es ist offensichtlich, daß die von dem vorstehenden Verfahren abgeleitete Messung für den Pegel von körnigem Schüttgut oder pulverisierten Materialien, die in einem Silo gespeichert sind, von dem tatsächlichen Wert der dielektrischen Eigenschaften des gespeicherten Materials unabhängig ist, vorausgesetzt, daß der dielektrische Verlustwinkel des Materials verhältnismäßig klein ist. Es hat sich aus den veröffentlichten Daten herausgestellt, daß dies für viele Arten körnigen und pulverisierten Materials zutrifft. Dies trifft insbesondere für landwirtschaftliche Korn- und Saatgutmaterialien zu, für deren Messung die Vorrichtung besonders geeignet ist. Die Pegelmessung in Materialien mit einem niedrigen dielektrischen Verlustwinkel hängt lediglich von der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Kabel ab, wenn das Umgebungsmedium Luft in einem leeren Abschnitt des Silos oberhalb des Speichermaterials ist. Die durch Änderungen in der Temperatur, Feuchtigkeit und Staubgehalt der Luft bewirkten Änderungen sind nicht signifikant. Die Leiter sind in einem Kunststoff mit geringer Reibung verkleidet, um einen Belag zu verhindern.

In Figur 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, umfaßt die Kabeleinrichtung zwei Paare paralleler gleicher Leiter oder Übertragungsleitungen 19 und 21. Die Übertragungsleitung 19 ist durch einen Kurzschluß 23 abgeschlossen, während die Übertragungsleitung 21 durch eine offene Leitung 25 abgeschlossen ist.

Die Elektronikeinheit 9 in dieser Situation besteht lediglich aus dem Wobbelgenerator G, dem Frequenzintervalldetektor Dt und einem Kombinierer-Teiler C/S. Das Ausgangssignal des Generators wird in den Kombinierer-Teiler eingegeben, in dem das Signal so aufgeteilt wird, daß eine Hälfte des Signals in 19 eingegeben wird und die andere Hälfte in 21 eingegeben wird. Der Kombinierer-Teiler wird auch auf den De-

tektor gegeben, so daß Signale am oberen Ende der Übertragungsleitungen 19 und 21 kombiniert werden und daher im Kombinierer-Teiler kombiniert werden, dann zum Detektor Dt gegeben werden. Der Kombinierer-Teiler hat vorzugsweise eine hohe Seite-zu-Seite-Isolierung.

Wenn das auf 19 und auch auf 21 aufgeprägte Generatorsignal in der Amplitude und Phase gleich ist, sind von der Luft-Materialfläche zurückgeführte Echos in Phase und addieren sich daher im Kombinierer. Vom unteren Ende der Paare 19 und 21 zurückgeführte Echos sind gegenphasig und heben sich daher im Kombinierer auf. Es wird herausgestellt, daß die Signale gegenphasig sind, da der Reflexionskoeffizient für eine kurzgeschlossene Übertragungsleitung in der Größe gleich, aber in Gegenphase zu dem Reflexionskoeffizienten für eine Übertragungsleitung mit offener Leitung ist, wenn sich beide Kabel in demselben Eigenmedium befinden. Somit beseitigt die natürliche Phasenauslöschung der Anordnung die Störwirkungen von Mehrfachechos und ermöglicht es, daß die Größe  $\Delta f$  und demzufolge der Pegel des Materials bestimmt werden, wie bereits in bezug auf das Ausführungsbeispiel von Figur 1 beschrieben worden ist.

Eine Variante des Ausführungsbeispiels von Figur 3 ist in Figur 4 veranschaulicht. In Figur 4 sind wiederum zwei Übertragungsleitungen aus drei gleichen parallelen Leitern 27, 29 und 31 gebildet.

Eine der Übertragungsleitungen ist aus den Leitern 27 und 29 gebildet, während die andere der Übertragungsleitungen aus den Leitern 29 und 31 gebildet ist. Somit ist einer der Leiter beiden Übertragungsleitungen gemeinsam.

Die aus den Leitern 27 und 29 gebildete Übertragungsleitung ist in einem Kurzschluß 33 abgeschlossen, während die in den Leitern 29 und 31 gebildete Übertragungsleitung in einer of-

fenen Leitung 35 abgeschlossen ist. In jeder Hinsicht funktioniert das Ausführungsbeispiel von Figur 4 auf dieselbe Weise wie das Ausführungsbeispiel von Figur 3.

Obwohl verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, diene dies dem Zweck der Veranschaulichung, aber nicht der Einschränkung der Erfindung. Verschiedene Abwandlungen, die dem Fachmann leicht in den Sinn kommen, liegen im Bereich der Erfindung, wie in den beigefügten Ansprüchen definiert.

### Ansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Materialpegels in einem Silo, umfassend

- eine langgestreckte Signalübertragungseinrichtung (5), die eine Länge gleich der Höhe (H) des Silos (1) aufweist und in dem Silo angeordnet ist und sich entlang dessen Länge vom oberen Ende (7) bis zum unteren Ende (8) des Silos erstreckt,

- eine Generatoreinrichtung (G) zum Erzeugen eines Auffallsignals, das eine automatisch und fortlaufend über einen vorausgewählten Frequenzbereich gewobbelte Frequenz aufweist, wobei die Generatoreinrichtung mit der Signalübertragungseinrichtung verbunden ist, um entlang dieser das Auffallsignal zu übertragen, wobei das Auffallsignal ein Rückführsignal nach Reflexion an der Oberfläche des Materials erzeugt, und

- eine Pegeldetektionseinrichtung (Dt), die mit der Signalübertragungseinrichtung (5) verbunden ist, um das Rückführsignal zu empfangen, um dessen Merkmale zu erfassen und daraus den Pegel des Materials (3) zu bestimmen, gekennzeichnet durch die Tatsache, daß die langgestreckte Signalübertragungseinrichtung eine langgestreckte Kabeleinrichtung (5) ist und das Auffallsignal ein elektrisches Wechselstromsignal ist,

durch die Tatsache, daß das Rückführsignal ein elektrisches Signal ist, das von einem an der Oberfläche des Materials reflektierten Teil des Auffallsignals herrührt,

durch die Tatsache, daß die durch die Pegeldetektionseinrichtung aufgenommene Spannung des elektrischen Rückführsignals, wenn die Frequenz gewobbelt wird, aufeinanderfolgende

Maxima und Minima aufweist, die jeweils um Frequenzintervalle (Df) beabstandet sind, die von den Materialpegeln abhängig sind,

durch die Tatsache, daß die Detektionseinrichtung (Dt) eine Einrichtung zur Erfassung der aufeinanderfolgenden Maxima oder Minima und der entsprechenden Frequenzintervalle umfaßt,

durch die Tatsache, daß der Rest des Auffallsignals am unteren Ende der Kabeleinrichtung reflektiert wird, um Störsignale zu bewirken,

und durch die Tatsache, daß die Vorrichtung weiter eine Einrichtung zur Beseitigung der Störsignale (MP, DC, 17, 23, 25, C/S) umfaßt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h - n e t durch die Tatsache, daß die Einrichtung zur Beseitigung der Störsignale eine einstellbare Impedanzeinrichtung (17) am unteren Ende (8) der Kabeleinrichtung und eine Einrichtung (MP, DC) zur Einstellung der Impedanz der einstellbaren Impedanzeinrichtung umfaßt, um die Impedanz des während des Betriebes der Vorrichtung in das Material eingetauchten Abschnittes der Kabeleinrichtung zu erreichen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, g e k e n n z e i c h - n e t durch die Tatsache, daß die einstellbare Impedanzeinrichtung einen stromgesteuerten Widerstand (17) wie eine PIN-Diode umfaßt, und durch die Tatsache, daß die Einrichtung zur Einstellung der Impedanz der PIN eine einstellbare Gleichstromquelle (D.C.) umfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h - n e t durch die Tatsache, daß die Kabeleinrichtung eine Einrichtung zur Bildung von zwei Paaren paralleler gleicher Leiter (19, 21) umfaßt;  
wobei eines (21) der Paare am unteren Ende davon durch eine offene Leitung (25) abgeschlossen ist;



wobei das andere (19) der Paare am unteren Ende davon durch einen Kurzschluß (23) abgeschlossen ist;  
wodurch sich Störsignale an den oberen Enden der Paare in gegenphasiger Beziehung befinden;  
und durch die Tatsache, daß die Einrichtung zur Beseitigung der Störsignale eine Einrichtung (C/S) zum Kombinieren der Störsignale an den oberen Enden der Paare umfaßt, um hierdurch die Störsignale aufzuheben und zu beseitigen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, g e k e n n z e i c h -  
n e t durch die Tatsache, daß jedes der Paare (19, 21) zwei parallele gleiche Leiter umfaßt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, g e k e n n z e i c h -  
n e t durch die Tatsache, daß die Einrichtung zur Bildung der beiden Paare erste, zweite und dritte parallele gleiche Leiter (27, 29, 31) umfaßt;  
ein erstes der Paare zwischen dem ersten und zweiten Leiter (27, 29) gebildet ist; und  
das zweite der Paare zwischen dem zweiten und dritten Leiter (29, 31) gebildet ist.

EP 88 115 190.6

Thomas C. Cournane und Cyril F. McSweeney

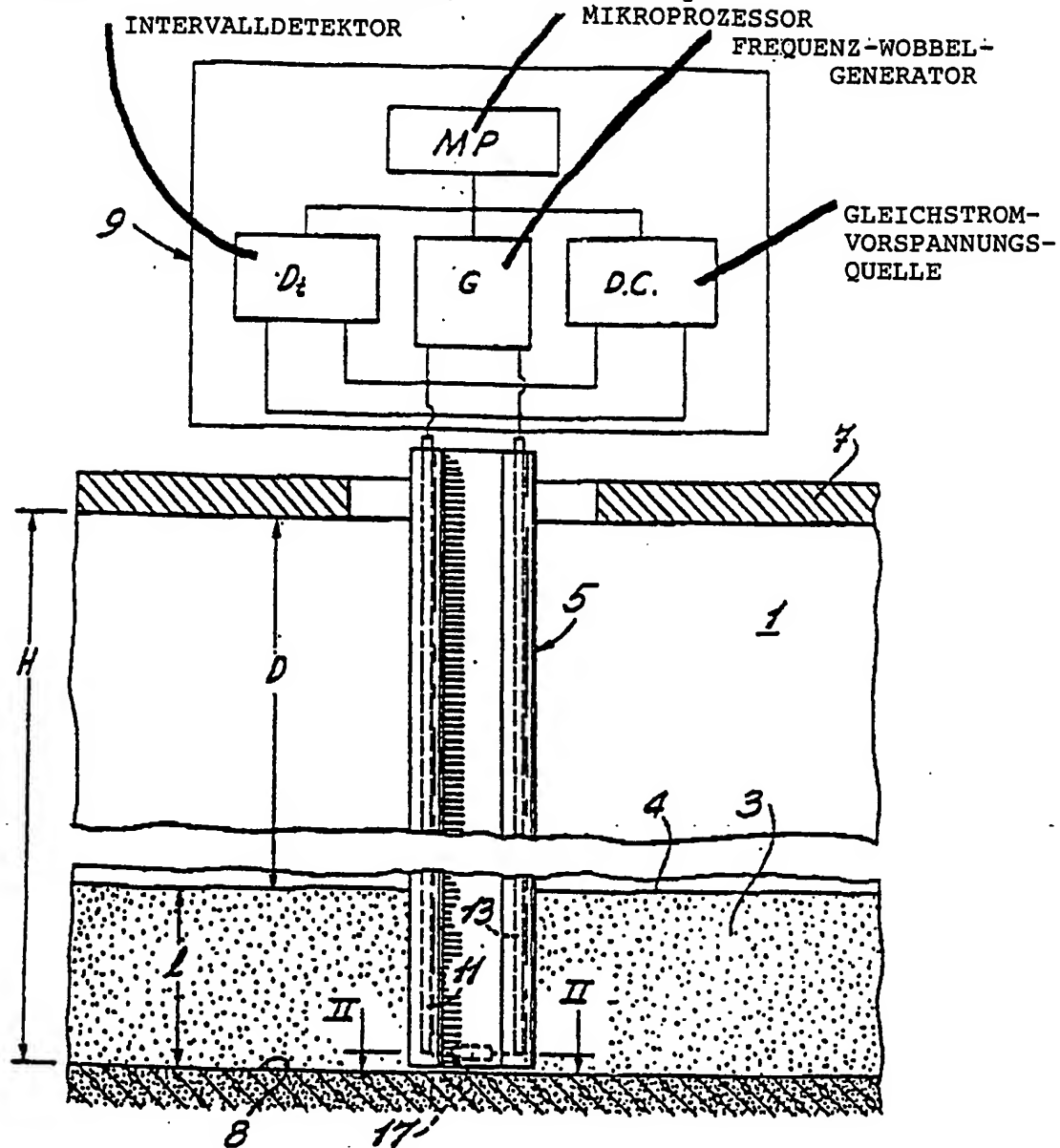
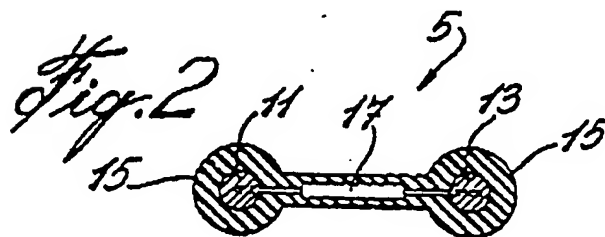


Fig. 1



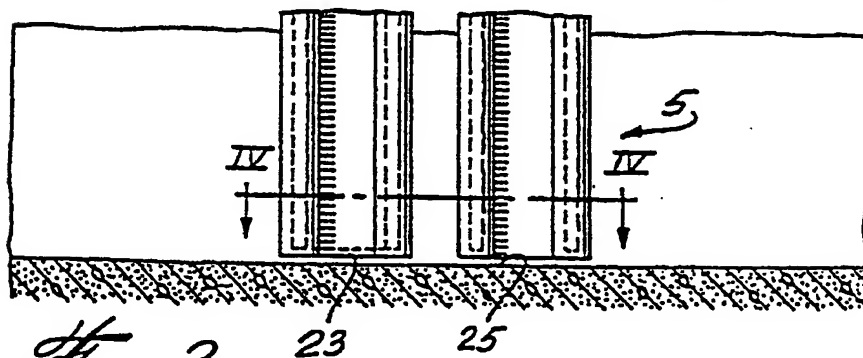
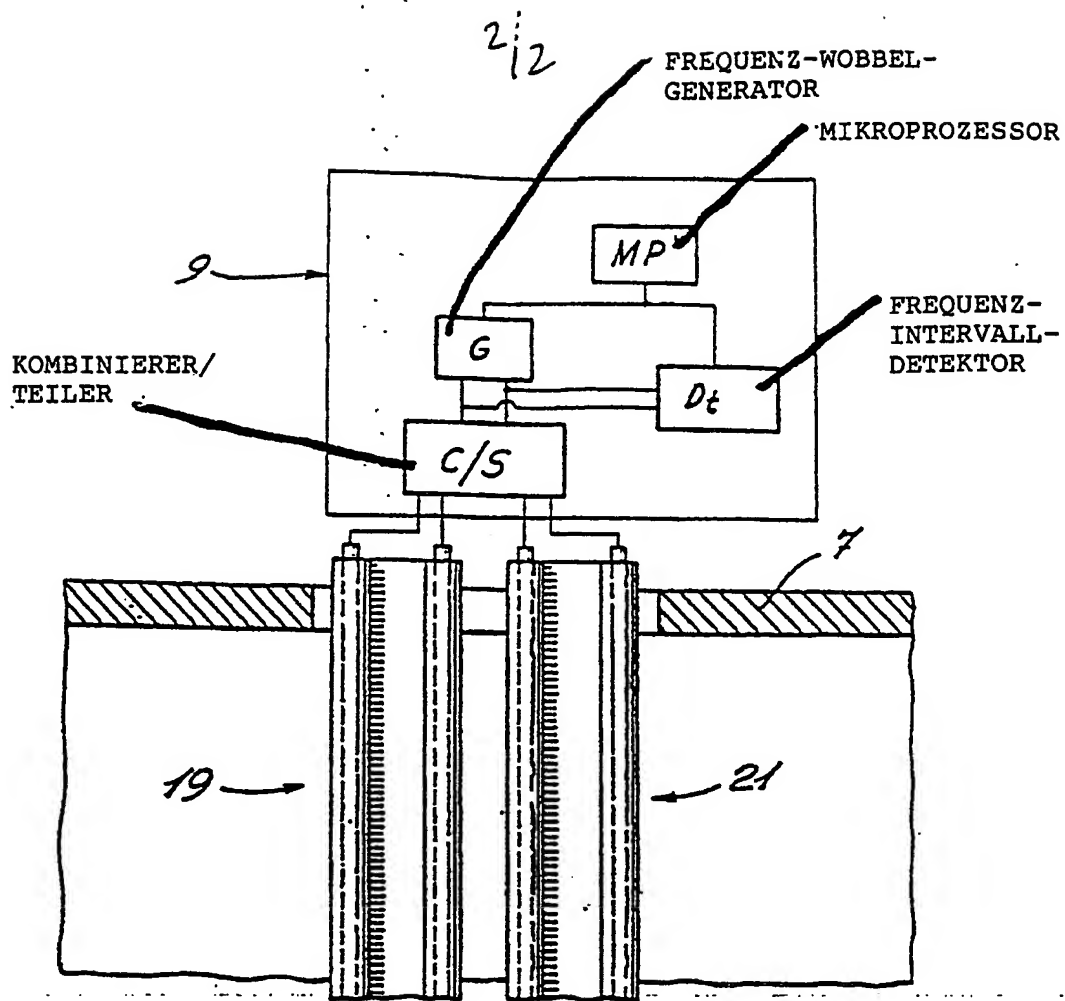


Fig. 3

